

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROYECTO DE ILUMINACIÓN VIAL ROTONDA DE CONCÓN

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Técnico Universitario en ELECTRICIDAD

Alumno:

Mario Benjamín Valdés Ovalle

Profesor Guía:

Ing. Denis Riquelme Sandoval

Profesor Correferente:

Ing. Cristián Pávez Barrios

2023

DEDICATORIA

El siguiente proyecto, está dedicado a mis padres, a mis hermanos, familia y todos aquellos quienes me apoyaron en momentos de dificultad, confusión y dispersión, a todos aquellos que me alentaron a luchar por la obtención de mi título universitario y a mi profesor, quien fue motivo de inspiración para comenzar este proyecto y este camino en la iluminación. Pero por sobre todas las cosas, este proyecto está dedicado a mí, a mi incansable búsqueda por encontrar mi camino aquel que alguna vez perdí, a la resiliencia que desarrollé después de cada caída, al perfeccionismo que me caracteriza y que me tuvo tanto tiempo dudando de si lo que hacía estaba bien o no, a la seguridad que obtuve al darme cuenta de lo que he logrado y de lo que soy capaz y a toda alma Sansana confundida que llegue aquí buscando sabiduría.

RESUMEN

KEYWORD: Manual de Carreteras Vol.6, Iluminación, DIALux.

El siguiente proyecto tiene por título proyecto de iluminación vial de la rotonda de Con-cón, nace debido a que era una rotonda con iluminación deficiente. Según estudios realizados en nuestro país en el año 2021 se registraron un total de 79520 accidentes de tránsito de los cuales 1687 dejaron a personas fallecidas. Dentro de las causas más frecuentes de los accidentes de tránsito en el país, se encuentran la imprudencia de los conductores y peatones, sin embargo, un aspecto muy poco estudiado de estos accidentes guarda relación con las condiciones de iluminación de las carreteras y los caminos.

Cabe mencionar que, en medio de la realización de este proyecto, comenzaron las obras de construcción e iluminación de la nueva Rotonda de Con-cón, Debido a esto se tuvo que reformular la problemática.

Actualmente la rotonda no considera la norma de regulación de la contaminación lumínica, esto afecta de manera considerable a la biodiversidad y medio ambiente. Por lo que como propuesta de mejora se Proyectará la Iluminación Vial de la Rotonda de Concón con las disposiciones del reglamento de control de la contaminación lumínica DSN°43/2012 MMA, el cual a pesar de no estar vigente como ley a nivel país se implementará por medio de una nueva norma lumínica nacional.

Para este proyecto se hará uso del software DIALux basándose en los parámetros de iluminación definidos por los distintos pliegos técnicos normativos y también del software AutoCAD para utilizar medidas reales a escala traduciéndose en una mayor precisión y efectividad

ÍNDICE

1 Contenido

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ROTONDA	11
1.1.1 Antecedentes de la rotonda	12
1.1.2 Problemática	13
1.1.3 Áreas de la Rotonda	14
1.1.4 Sistema de Iluminación existente	15
1.1.5 Planimetría	17
1.1.6 Flujo vehicular y peatonal de la rotonda de Concón	18
1.1.7 Obras esperadas para la rotonda	21
2 DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LA ROTONDA	24
2.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LUMINARIAS	24
2.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN	29
2.3 LUMINARIAS SELECCIONADAS	34
2.4 DISEÑO REALIZADO EN DIALUX	35
3 DETERMINACIÓN DE COSTE TOTAL DEL PROYECTO	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Ubicación Geográfica de la rotonda de Concón

Figura 1-2 Rotonda de Concón vista desde ruta F-30-E

Figura 1-3 Rotonda de Concón en su máxima capacidad

Figura 1-4. Rotonda de Concón, Vista Satelital

Figura 1-5 Sistema Actual de Iluminación de la Rotonda de Concón

Figura 1-6 Diseño en Software AutoCAD Rotonda de Concón

Figura 1-7 Alto flujo vehicular Rotonda de Concón

Figura 1-8 Accidente vehicular en las inmediaciones de la rotonda

Figura 1-9 Alta congestión vehicular.

Figura 1-10 Diseño de nuevo puente para cruzar el río Aconcagua

Figura 1-11 Proyección del puente que unirá las comunas

Figura 2-1 Curva fotométrica

Figura 2-2 Ejemplos de eficiencia luminosa

Figura 2-3 Temperatura de color desde los 1000°K hasta los 10000K

Figura 2.4 Ondas Distorsionadas

Figura 2-5 imagen representativa

Figura 2-6 Iluminación directa

Figura 2-7 vista desde Ruta F-30-E en dirección a Quintero

Figura 2-8 Grilla de cálculo situada en salida de la rotonda, Avenida Borgoño (sentido de derecha a izquierda)

Figura 2-9 Grilla de cálculo de la rotonda completa. (Colinda con la grilla de cálculo de la avenida Borgoño)

Figura 2-10 Vista de la rotonda desde arriba, con su correspondiente proyección hacia un futuro puente

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Tabla grado de protección IP	Página 26
Tabla 2-2 Niveles mínimos de iluminancia	Página 29

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

IES	: Comisión Eléctrica Internacional
IP	: Ingress Protection
IK	: Impact Protection
MOP	: Ministerio de Obras Públicas
AWG	: American Wire Gauge
TDA	: Tablero de Alumbrado
SEC	: Superintendencia de Electricidad y Combustibles
D.S.	: Decreto Supremo
CRI	: Índice de Reproducción Cromática
LED	: Diodo Emisor de Luz
IVA	: Impuesto al Valor Agregado

SIMBOLOGÍAS

W	: Watts
Lm	: Lúmenes
cm	: Centímetros
m	: Metros
Nº	: Número
E	: Iluminancia
A	: Amper
V	: Volt
Cd	: Candela
\$	: Peso Chileno
h	: Altura
%	: Porcentaje
T	: Temperatura

°C	: Grado Celsius
Hz	: Hertzio
Hr	: Hora
K	: Kelvin
I	: Intensidad
Ra	: Reproducción Cromática

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL: Proyectar la iluminación vial de la rotonda de Concón.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir la situación actual de la Rotonda.
- Diseñar el proyecto de iluminación mediante software.
- Determinar los costos del proyecto.

CAPÍTULO 1: SITUACIÓN ACTUAL DE LA ROTONDA

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ROTONDA

1.1. UBICACIÓN DE LA ROTONDA

La Ronda de Concón se ubica en la Comuna de Concón, perteneciente a la región de Valparaíso, en el sector denominado Ruta F-30-E, a tan solo 170 metros de la refinería ENAP Aconcagua ubicada en la misma Comuna.

Esta rotunda de carácter histórico se ubica en un punto estratégico que une las comunas de Concón, Mantagua y Quintero y así mismo une los principales puntos de acceso y desplazamiento de la región costera

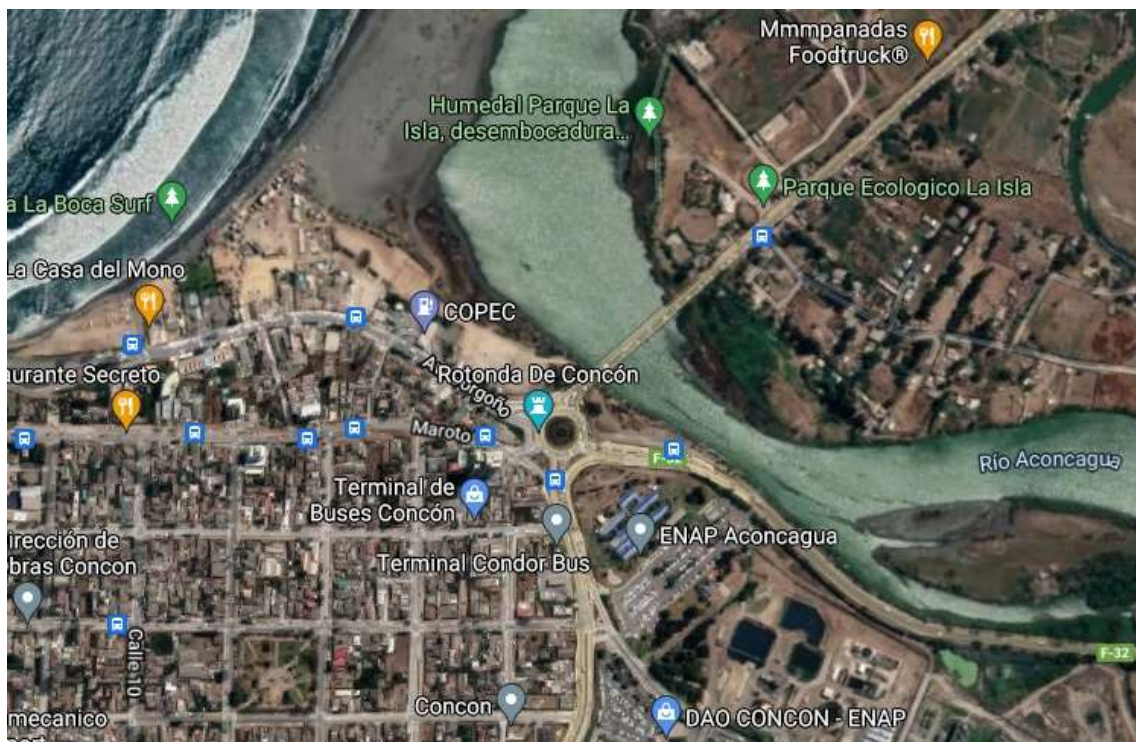


Figura 1-1 Ubicación Geográfica de la rotonda de Concón - Fuente: Google Maps

1.1.1 Antecedentes de la rotonda

En la comuna, la Rotonda de Concón es utilizada por los vehículos de carga que van de paso, locomoción colectiva, vehículos particulares y flujo peatonal de manera simultánea lo que dificulta enormemente la operación de vías tanto por su restricción de capacidad como la necesidad de implementar medidas de gestión



Figura 1-2 Rotonda de Concón vista desde ruta F-30-E Fuente: Maps Street View

La rotonda en la intersección de la Ruta F-30-E con las calles Maroto y Borgoño, considera la presencia de ramales, también se considera el acceso a refinería ENAP por el oriente y accesos a calles, Cortés, San Agustín y Santa Margarita por el poniente. Al norte de la rotonda se ubicará el nuevo puente sobre el Río Aconcagua, y se emplaza inmediatamente aguas arriba del actual Puente Concón (a 40 m del eje del puente existente).

1.1.2. Problemática

La actual rotonda esta realizada en base a los decretos supremos nro 2 y nro 51. Los cuales no regulan la contaminación lumínica por lo tanto afectan directamente los cielos, la biodiversidad y la salud de las personas, Es por ello que se realizará un estudio lumínico tomando en consideración la contaminación lumínica con el fin de alcanzar los niveles óptimos de iluminación tanto de las vías de incorporación como el puente y la rotonda para que de esta forma estos cuenten con los más altos estándares de iluminación descritos en la normativa del DSN°43/2012 MMA.



Figura 1-3 Rotonda de Concón en su máxima capacidad

Fuente: Grupo de Facebook

1.1.3. Áreas de la Rotonda

La rotonda de Concón como tal, comprende gran parte del sector playero de la comuna, esta tiene un diámetro aproximado de 70 metros y un área de 109 m², y consta de diversas entradas y salidas de vehículos, el ancho de las vías es de aproximadamente 3.33 metros y consta de 3 pistas unidireccionales que tienen un ancho total de 10 metros, el ancho de la berma es de 2 metros, la rotonda contiene en su centro y a su alrededor pequeñas áreas verdes de distintas dimensiones las cuales se dividirán en sectores para hacer más fácil su posterior comprensión y cálculo.



Figura 1-4. Rotonda de Concón, Vista Satelital

Fuente: Google Maps

1.1.3.1. Sector 1: Área central de la rotonda.

Al Interior de la rotonda se encuentra un diámetro de 49m y un área circular de aproximadamente 76 m², la cual consta de una berma de ancho 2 metros, pasto, flores, arbustos y piedras entre otros, se proyectarán 6 postes con el fin reducir la emisión actual de luz al hemisferio superior y concentrarla en la rotonda.

1.1.3.2. Sector 2: Área comprendida entre el Puente Aconcagua y la Ruta F-30-S.

El Área útil circundante tiene aproximadamente 2066m². Esta contiene 1 o 2 paraderos, pasto, flores, arbustos, árboles y un monumento. En este espacio se ha proyectado el nuevo puente que cruzará el río Aconcagua y que solucionará los problemas de congestión vehicular de la rotonda dando así un acceso más fácil a esta

1.1.4 Sistema de Iluminación existente

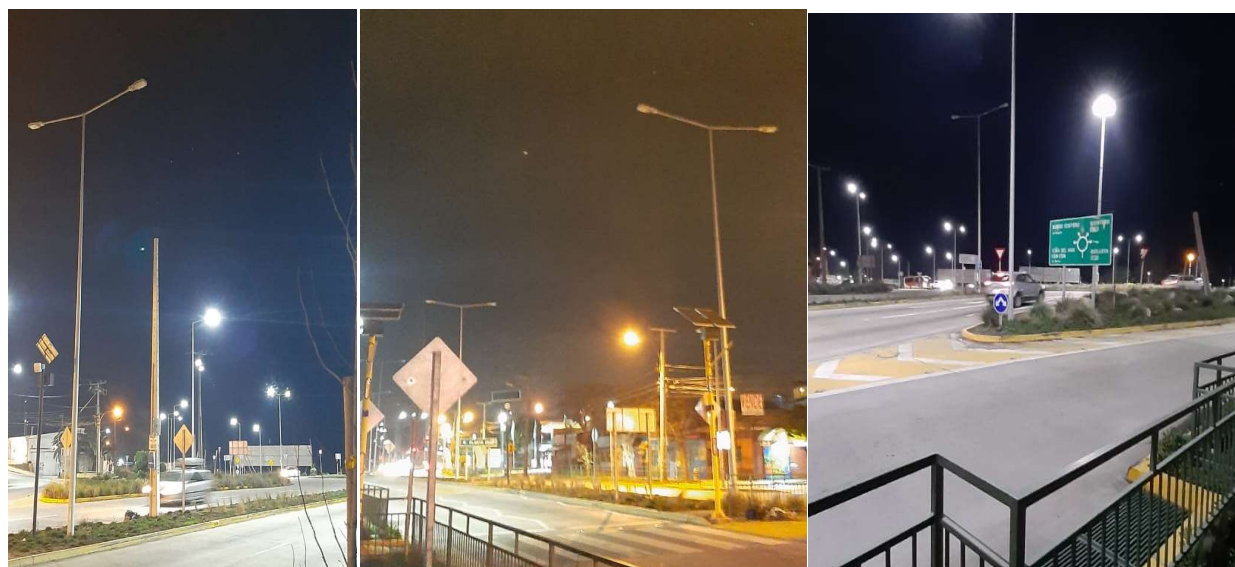
El sistema de iluminación existente en la rotonda consta de aproximadamente de 80 luminarias distribuidas tanto al exterior de la rotonda como en su interior y posee luminarias ubicadas en las distintas áreas verdes de esta las cuales iluminan con luz fría, también se encuentra un poste de unos 20 metros con iluminación de área de alta potencia ubicado al centro de la rotonda, el cual cuenta con 6 proyectores Led con un ángulo de inclinación desconocido y se preocupa de iluminar la totalidad del sector interno en 360°. En la figura 1-5 podemos apreciar una imagen de la rotonda en horario nocturno dejando claro que existe una sobreiluminación es por ello que hacemos énfasis en la contaminación lumínica que esto puede generar.



Figura 1-5 Sistema Actual de Iluminación de la Rotonda de Concón

Fuente: Grupo de Facebook

Hoy en día la rotonda se ha deteriorado, el paso del tiempo ha afectado directamente el funcionamiento de sus luminarias, a continuación, con el fin de ejemplificar esta situación se hizo un registro fotográfico de la situación actual de las luminarias



1.1.5 Planimetría

A continuación, en la figura 1-6 se puede apreciar el diseño en software AutoCAD de la Rotonda de Concón. Este diseño está hecho a escala y contempla el estado actual de la misma ilustrando además parte de la proyección del nuevo puente Aconcagua. Gentileza de Chilquinta Energía S.A.

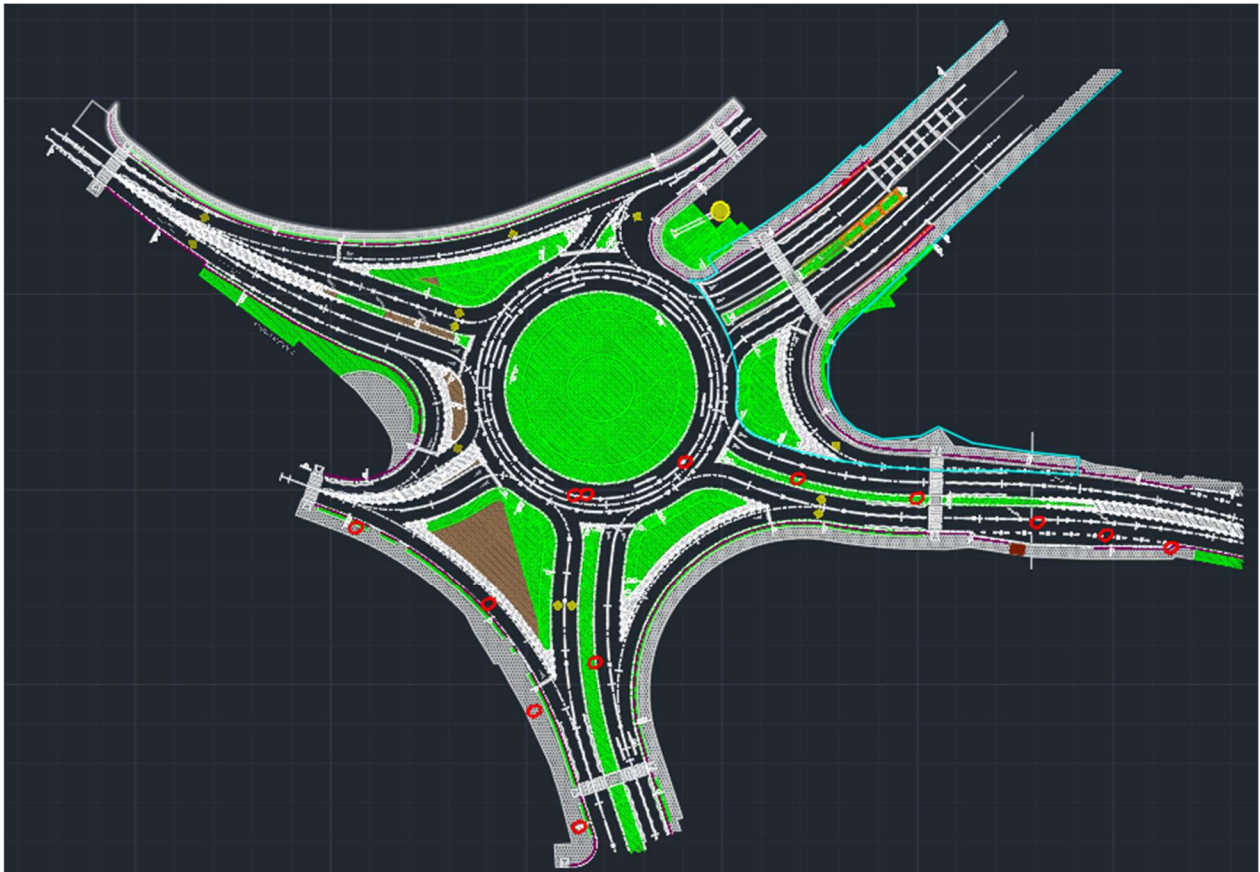


Figura 1-6 Diseño en Software AutoCAD Rotonda de Concón

Fuente: Chilquinta Distribución

1.1.6 Flujo vehicular y peatonal de la rotonda de Concón

La rotonda de Concón es considerada una arteria que presenta altas congestiones vehiculares y calles en mal estado, por tanto, posee un alto flujo vehicular en todas sus direcciones puesto que concentra el flujo de varias rutas que llegan desde Viña, Quintero, Quillota y La Calera.



Figura 1-7 Alto flujo vehicular Rotonda de Concón

A través de los años la Rotonda de Concón se ha visto involucrada en distintos accidentes de tránsito generados en parte por la imprudencia de los conductores y/o transeúntes, así como también la mala señalización, iluminación y el inoperante estado de algunas calles.



Figura 1-8 Accidente vehicular en las inmediaciones de la rotonda

Fuente: <http://www.observador.cl/fotos-accidente-multiple-cercano-a-la-rotonda-concon-deja-al-menos-9-lesionados/>

Debido al alto flujo vehicular, La autoridad de aquel entonces, en este caso el seremi de obras públicas Raúl Fuhrer, realizó un llamado a peatones y automovilistas a poner atención a las señaléticas, destacando la importancia que los transeúntes usen vías y paraderos habilitados para un desplazamiento seguro.

Es por esto que un estudio completo de iluminación es fundamental para otorgar una visibilidad que permita hacer un correcto uso de las vías, a raíz de esto, se hará uso del manual de carreteras otorgado por el MOP para un correcto estudio lumínico y de seguridad vial.



Figura 1-9 Alta congestión vehicular.

Fuente: <http://www.observador.cl/accidente-dejo-descomunal-taco-en-las-cercanias-de-la-rotonda-concon/>

1.1.7 Obras esperadas para la rotonda

A lo largo de los años, la Rotonda de Concón se ha visto involucrada en distintos cambios y avances que la han llevado cada vez más cerca de cumplir con las exigencias que los usuarios y las entidades legales sugieren.

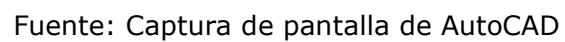
En la siguiente figura se puede apreciar el diseño de un nuevo puente de 2 calzadas de 2 vías que permitirá la descongestión para los usuarios que provienen tanto de Quintero como Mantagua puesto que estos usuarios disponen de un puente de tan solo una calzada de 2 vías, generando así tacos de magnitudes kilométricas.



Figura 1-10 Diseño de nuevo puente para cruzar el río Aconcagua

Fuente: <https://www.alahora.cl/inicio/nuevos-restos-arqueologicos-encontrados-en-la-rotonda-de-concon-se-han-convertido-en-una-pesadilla-para-autoridades-y-turistas/>

A continuación, un plano diseñado en AutoCAD de la proyección que tendrá el puente sobre la rotonda.



CAPÍTULO 2: DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LA ROTONDA

2 DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE LA ROTONDA

2.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LUMINARIAS

En este capítulo se entrará de lleno al diseño de iluminación de la rotonda, ésta al ser una circunferencia posee gran variedad de ángulos, así como también distancias que no permiten una percepción por silueta de los objetos como es el caso de las vías de acceso a las pistas rectas. Por ello se debe iluminar con una luz directa para una total y correcta percepción tanto de lo que hay en frente como a los lados.

Para poder elegir correctamente el tipo de luminaria en función de las necesidades del tipo de alumbrado se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

2.1.1 Criterio Lumínico:

La fotometría es la ciencia encargada de estudiar la capacidad que tiene la radiación electromagnética, solamente dentro del rango del espectro visible para estimular al ojo humano esto es desde los 380nm a los 780nm. Es decir, se encarga de medir la intensidad de la luz. Las especificaciones en cuanto a los criterios utilizados para la elección de las luminarias de la rotonda son las siguientes:

- La eficacia luminosa: Es la relación existente entre el flujo luminoso (en lúmenes) emitido por una fuente de luz y la potencia en W. para el caso en cuestión esta tiene que superar los 130 Lm/W,

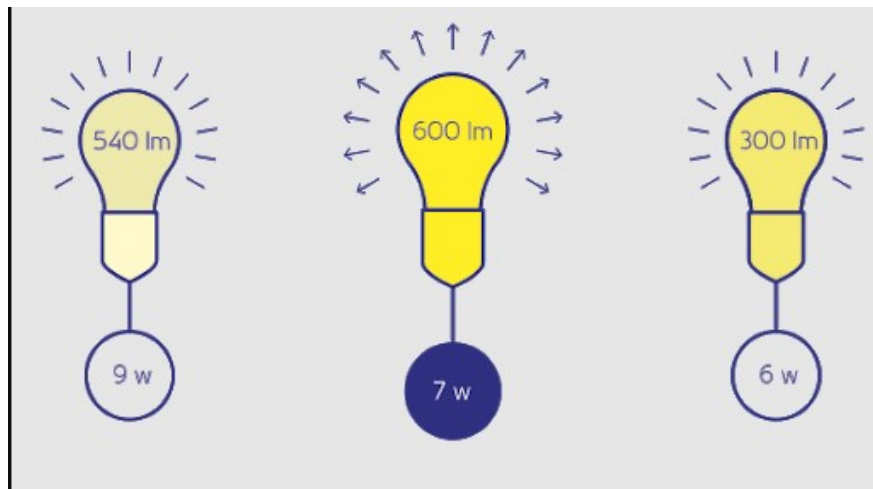


Figura: 2-2 Ejemplos de eficiencia luminosa

Fuente: [https://lh3.googleusercontent.com/proxy/Kq5I9gB1n18bJYKRiJZ-
xcKC3sAIkq0yOYqL2RUqiFskO6FKs5TYBTJft0UgLp150DOqAyeybvRSYgF6Ndv
MnEnnrVAViRaY9bYIRJgDxnJ-tpfFHwa](https://lh3.googleusercontent.com/proxy/Kq5I9gB1n18bJYKRiJZ-
xcKC3sAIkq0yOYqL2RUqiFskO6FKs5TYBTJft0UgLp150DOqAyeybvRSYgF6Ndv
MnEnnrVAViRaY9bYIRJgDxnJ-tpfFHwa)

- Temperatura de color: Hace referencia a las distintas tonalidades que puede reflejar la luz de un objeto, estas se miden en grados Kelvin (K) y dependiendo de la temperatura que adopte un objeto, va a variar el color de la luz de este último entre tonos cálidos y fríos. Para nuestro caso y porque así lo está trabajando la municipalidad de Concón y viña, la temperatura debe encontrarse entre los 2700°K y los 3000°K



Figura 2-3 Temperatura de color desde los 1000°K hasta los 10000K

Fuente <https://www.luzycolor2000.com/wp-content/uploads/2020/06/escala-temperatura-de-color-2048x575.jpg>

- Vida útil: La vida útil de las lámparas normalmente se especifica en horas, para algunas tecnologías se define la vida útil como el punto en el que la depreciación luminosa ya llegó a un punto donde es necesario reponer la lámpara. Es importante señalar que la vida útil de las lámparas puede disminuir considerablemente una vez que se encuentran dentro de una luminaria, ya que la disipación de calor puede no ser adecuada y el tiempo de vida está ligado a la temperatura ambiente de operación de las luminarias, por lo general a mayor temperatura menor vida útil. Una vida útil óptima para las luminarias de la rotonda debería superar las 50.000 hrs.

2.1.2 Criterio Eléctrico:

En cuanto a las especificaciones eléctricas para la selección de luminarias se solicitará que tengan una frecuencia de 50 Hz puesto que es la frecuencia a la que trabajamos en nuestro país, cabe mencionar que frecuencias mayores de 70Hz pueden ocasionar malestar, dolores de cabeza y problemas visuales en las personas e incluso ataques epilépticos en aquellos más sensibles, la frecuencia también está directamente ligada al parpadeo de la lámpara.

Así mismo se solicitará un factor de potencia de 0.93, este es un indicador sobre el aprovechamiento de la energía, es decir, la cantidad de energía que se convierte en trabajo. Cuanto más cercano a 1 sea el valor del factor de potencia de una bombilla, más energía aprovechará la lámpara

Y finalmente que los armónicos de corriente sean menores a 15%, los armónicos se definen como los voltajes sinusoidales o corrientes que tengan frecuencias con múltiplos enteros de la frecuencia del sistema de suministro diseñado para funcionar.

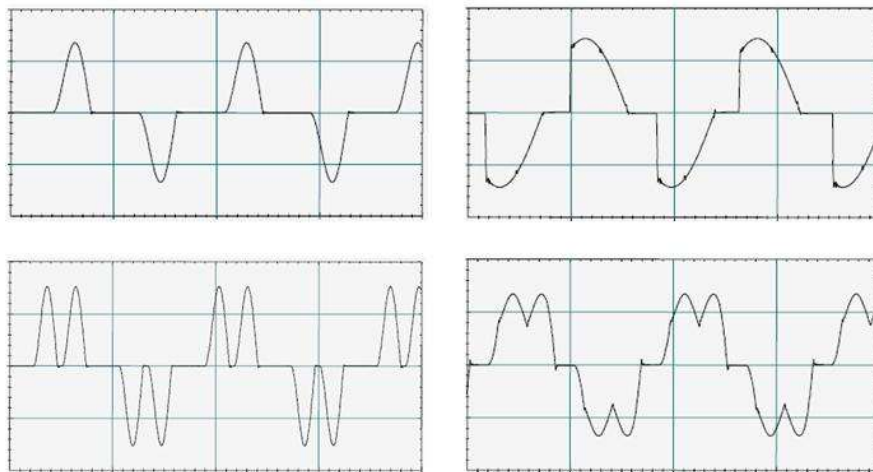


Figura 2.4 Ondas Distorsionadas

Fuente: Quinto Armónico

2.1.3 Criterio Mecánico

En cuanto a la parte mecánica es importante considerar:

- El IP: El grado de protección IP hace referencia al estándar internacional IEC 60529 Degrees of Protection. El sistema de clasificación IP proporciona un medio de clasificar el grado de protección de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua) que las luminarias deben tener según su función. Se utilizará un grado de protección IP no menor a 66

1ª Cifra	Protección de impurezas	2ª Cifra	Protección del agua
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protección contra la penetración de elementos de >50 mm. de diámetro.	1	Protección contra el goteo vertical del agua.
2	Protección contra la penetración de elementos de >12,5 mm. de diámetro.	2	Protección contra el goteo inclinado del agua, máximo 15°.
3	Protección contra la penetración de elementos de >2,5 mm. de diámetro.	3	Protección contra el agua proyectada de cualquier dirección, agua rociada, máximo 60°.
4	Protección contra la penetración de elementos de >1 mm. de diámetro.	4	Protección contra salpicaduras de agua en cualquier dirección.
5	La penetración de polvo no se impide por completo pero la cantidad que logra penetrar permite el correcto funcionamiento.	5	Protección contra chorros de agua.
6	Estanco al polvo	6	Protección contra fuertes chorros de agua.
		7	Protección contra la inmersión eventual.
		8	Protección contra la inmersión prolongada.

Tabla 2-1 Tabla grado de protección IP

Fuente:<https://www.tualarmasincuentas.es/blog/grados-de-proteccion-ip/>

- IK: El grado de protección IK nos indica la resistencia mecánica a impactos nocivos y que puedan dañar el producto. El grado IK varía desde el 0 (mínima resistencia) hasta el 10 (máxima resistencia). La protección IK utilizada para nuestras luminarias no será menor a 08



Figura 2.5 imagen representativa

Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS-F31y_yqGjQvKIHpSkruixGvwPuOQloZWVpXiYpLtNQ-JtR9-3_Y-Rof94uHMe8D0s8jMKWnKmfHVEQ&usqp=CAU

2.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN

Lo primero que se debe cumplir en un sistema de iluminación es el criterio de visibilidad. Este criterio describe que tan bueno es el desempeño del sistema para mostrar al conductor el camino, los objetos, la luz que llega a la vía; sin embargo, son las características de reflexión de dicha superficie las que proveen un adecuado nivel, tanto de la luz y de la uniformidad de esta reflejada en dirección al conductor, así como también desde el entorno, al frente de este, de modo de disminuir al mínimo el riesgo de accidentes.

Cuando se trata de una rotonda es imposible utilizar los criterios y configuraciones designados para vías de acceso a rutas rectas, puesto que estamos hablando de una circunferencia llena de ángulos y distancias distintas. Sería muy difícil para un conductor ver

las siluetas de los objetos frente a él o a su lado, es por ello que la proyección de las luminarias debe ser directa, esto es, que la luz incida en un ángulo de 90° sobre el objeto o espacio a iluminar

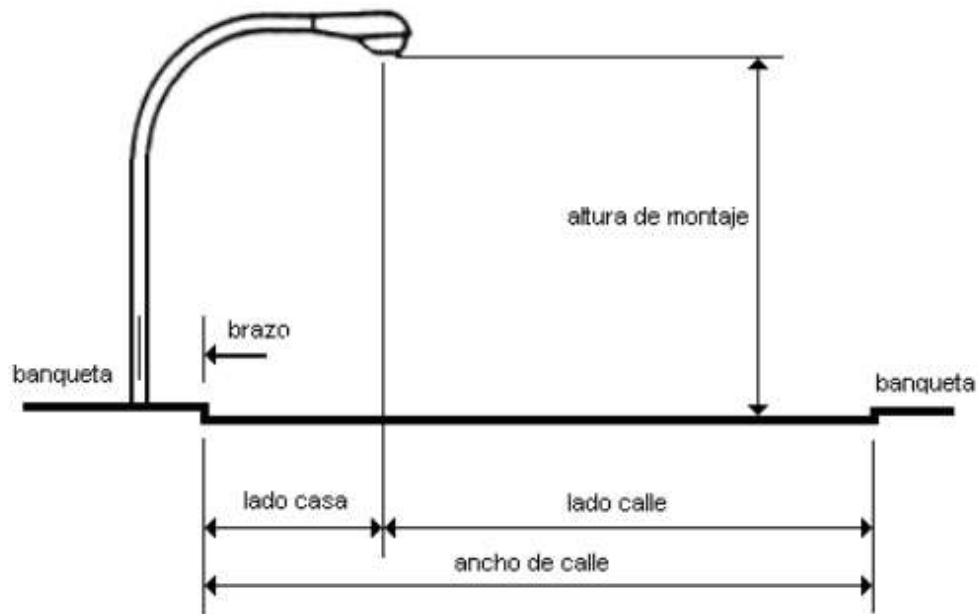


Figura 2-6

Así mismo es importante saber diferenciar a la hora de llevar a cabo los cálculos, puesto que, al tratarse de una rotonda, no se puede utilizar la luminancia, es decir que el método de medición para este caso será la iluminancia, para así asegurar que ciertos mínimos sean siempre respetados, esto garantiza por ejemplo que los bordes de la acera sean siempre visibles, así como también todos los eventuales obstáculos.

2.2.1 Manual de Carreteras

Para los cálculos correspondientes al interior de la rotonda, se trabajará en base al manual de carreteras disponible en el sitio web de Vialidad.

En este caso los niveles de iluminación requeridos para la iluminación de rotondas están contenidos en la siguiente tabla.

TABLA 6.705.5.A				
NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINANCIA RECOMENDADOS EN ROTONDAS				
Categoría	Iluminancia media(lux)	Luminancia media(cd/m²)	Uniformidad general (Uo)	Uniformidad Longitudinal (UI)
Vías de tránsito denso	20	1.5	> 40 %	> 70 %
Vías de tránsito moderado	15	1.0	> 40 %	> 60 %
Vías de tránsito bajo	10	0.5	> 40 %	> 50 %

Tabla 2-2 niveles mínimos de iluminación pág. 29

Fuente: Manual de Carreteras

Se definirá la rotonda en zona de tránsito moderado por lo tanto se trabajará sobre esos niveles. También el Manual de carreteras es claro sobre los métodos para calcular la iluminación. En cuanto a la rotonda hay que realizar los cálculos en base a la iluminancia (Lux) y despreciar la reflexión que pueda o no tener el asfalto o el entorno en sí.

2.2.2 Decreto Supremo N°2 2014

Para establecer los niveles de iluminación de la vía de incorporación a la rotonda, se hará uso de la tabla VI "Alumbrado de Áreas Conflictivas" del capítulo VI de alumbrado de áreas conflictivas según el artículo 21 letra "a". de la misma. Se definirá la vía de incorporación con una clase de alumbrado C2. Abajo podemos ver el artículo citado y la tabla.

Artículo 21.- Para efectos del presente reglamento, serán consideradas como áreas conflictivas:

a) Aquellas en las que se intersectan los flujos de tránsito vehicular, de peatones, ciclistas y otros usuarios viarios. Entre otras, rampas de entrada y salida, Vías de incorporación y circunvalaciones o rotondas;

Tabla VI. Alumbrado de Áreas Conflictivas.

CLASE DE ALUMBRADO (*)	Iluminancia Promedio Mínima Mantenida sobre toda la Superficie E (lux)	Uniformidad Media de Iluminancia Mínima (U _m)
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20	0,40
C3	15	0,40
C4	10	0,40

(*) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado público. A fin de mantener dichos niveles de servicio, se debe considerar un Factor de mantenimiento mayor o igual que 0,85.

Así mismo para calcular los niveles de iluminación requeridos en el puente, se trabajará bajo la misma jurisdicción que regula los niveles de iluminancia media horizontal para vías de tránsito vehicular y peatonal. Se definirá el puente como una vía de alto tránsito vehicular y mediano tránsito peatonal

2.2.3 Decreto Supremo N°43 del 2012 del Ministerio del Medio Ambiente

Con el fin de regularizar las áreas de cálculo bajo la jurisdicción del decreto supremo N°43 se procederá a limitar los niveles de iluminación hasta más de un 20% sobre los mínimos establecidos para cada caso, esta limitación influirá en la luz que refleja desde el suelo al cielo disminuyendo así la contaminación lumínica hacia el hemisferio superior

Esto quiere decir:

- Para el alumbrado de la rotonda tendremos un límite inferior de 15 lux y un límite superior de 18,75 lux
- Para el alumbrado del puente tendremos un límite inferior de 12 lux y un límite superior de 15 lux
- Para el alumbrado de la vía de incorporación a la rotonda, tendremos un límite inferior de 15 lux y un límite superior de 18,75 lux

2.3 LUMINARIAS SELECCIONADAS

I. Luminaria de alumbrado público

En el caso de la iluminación de la rotonda y las vías de tránsito vehicular se tomó la decisión de usar la Luminaria Moon 100W de 3000°K sin inclinación ilustrada más abajo.



Cumple con los requisitos necesarios para ser utilizada.

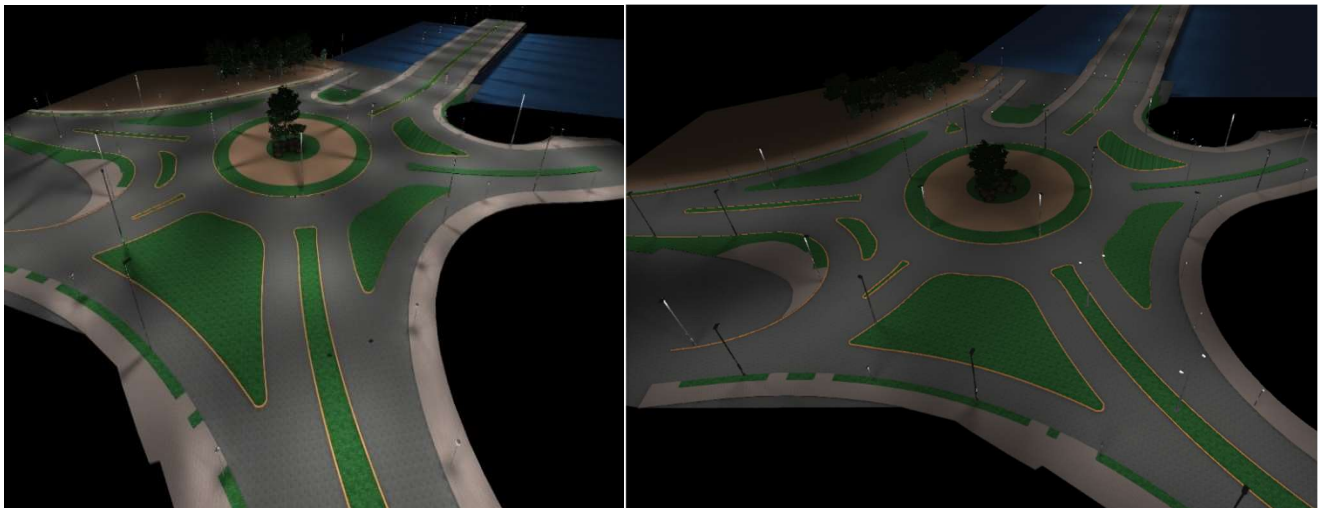
II. Luminaria Ornamental

En el caso de la iluminación ornamental y las vías de tránsito peatonal se tomó la decisión de usar la Luminaria CLAP de 14W de 3000°K ilustrada más abajo.

Como se puede apreciar cumple con los requisitos necesarios para ser utilizada.

2.4 DISEÑO REALIZADO EN DIALUX

A continuación, se presentarán imágenes comparativas del proyecto.



A la izquierda podremos apreciar que cumple con los niveles de iluminación bajo el DSN°2 y DSN°51 pero sin tomar en cuenta el DSN°43. A la derecha veremos el proyecto diseñado bajo la jurisdicción del Decreto Supremo Nro 43 tomando como límite inferior lo señalado en los decretos antes mencionados.

Figura 2-7 vista desde Ruta F-30-E en dirección a Quintero

Fuente Captura de pantalla Dialux

Misma situación, a la izquierda el diseño sin DS43 y a la derecha con la reducción aplicada. Se puede apreciar que cada vez se alcanza una mayor uniformidad en la superficie iluminada

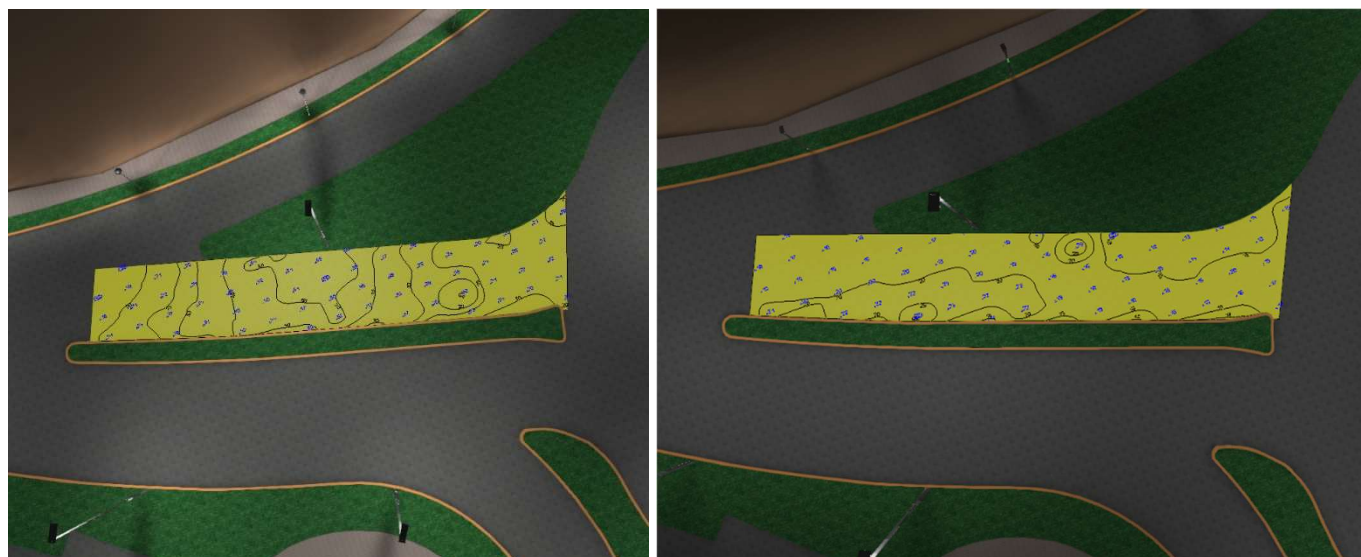


Figura 2-8 Grilla de cálculo situada en salida de la rotonda, Avenida Borgoño (sentido de derecha a izquierda)

Fuente: Captura de pantalla Dialux

En este caso el área interna de la rotonda no es transitada, por esta razón no hay necesidad de sobreiluminar ese espacio, en la primera imagen la rotonda está sobreiluminada habiendo mucha diferencia además en la uniformidad de la iluminación.

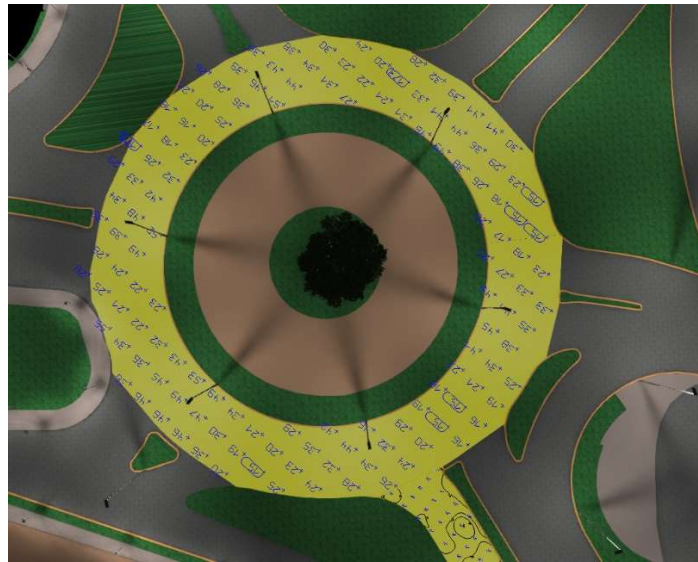


Figura 2-9 Grilla de cálculo de la rotonda completa. (Colinda con la grilla de cálculo de la avenida Borgoño)

Fuente: Captura de pantalla

En esta segunda imagen se limita el ángulo de irradiación de las luminarias es por ello que se reducen las emisiones de estas hacia dentro de la rotonda, iluminando solo lo necesario

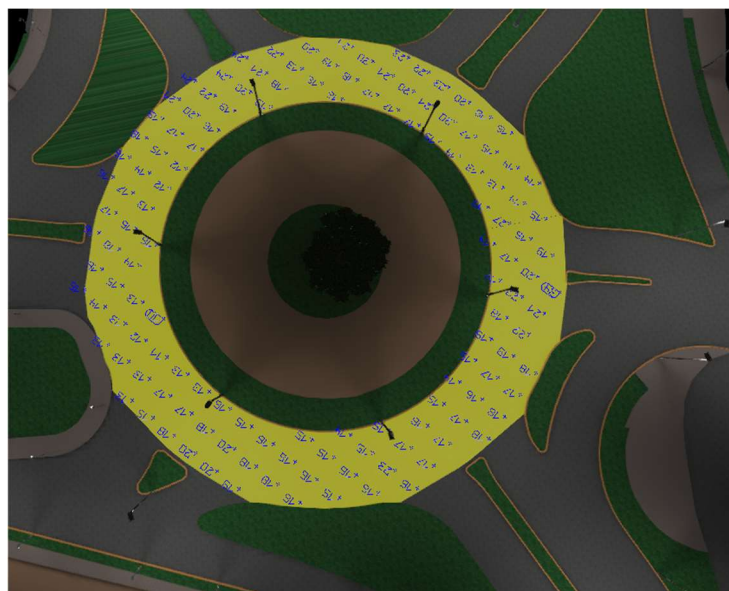


Figura 2-10 Grilla de cálculo de la rotonda completa.

En las siguientes imágenes veremos el plano completo de la rotonda con el puente y sus respectivas vías de ingreso y salida, en la primera imagen veremos una rotonda sobreiluminada, con bajos niveles de uniformidad puesto que la luz es más intensa en ciertos espacios, dejando islas de oscuridad

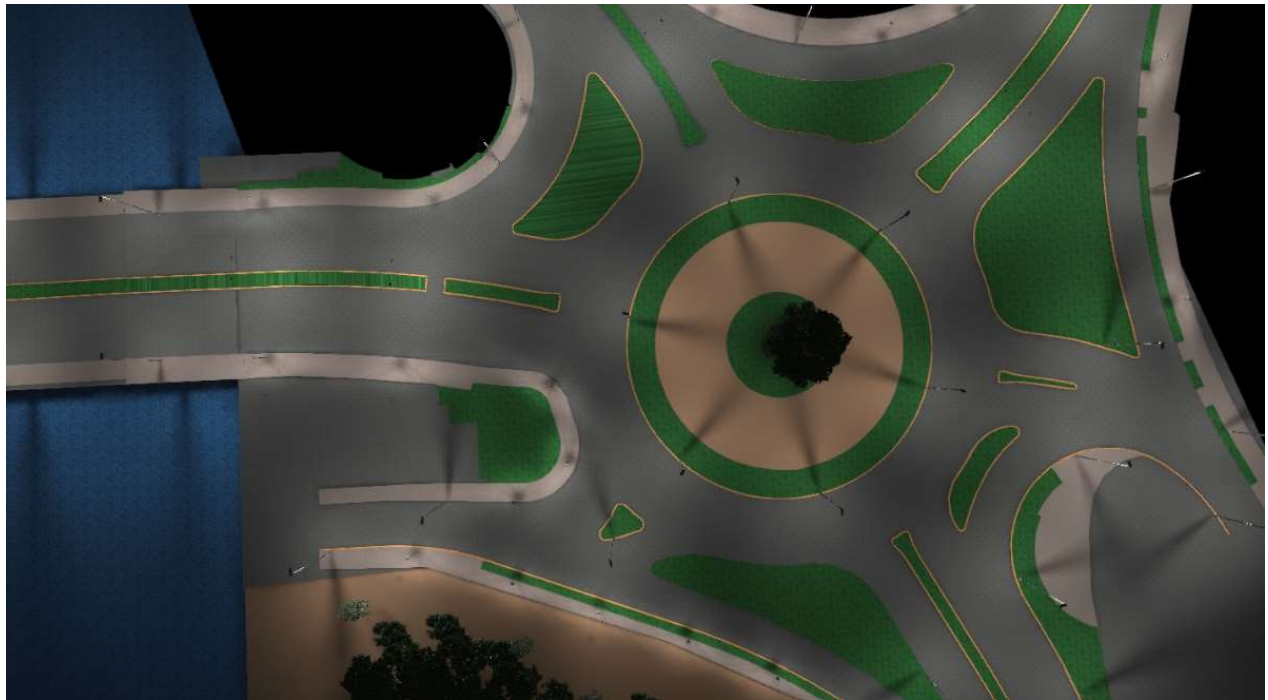
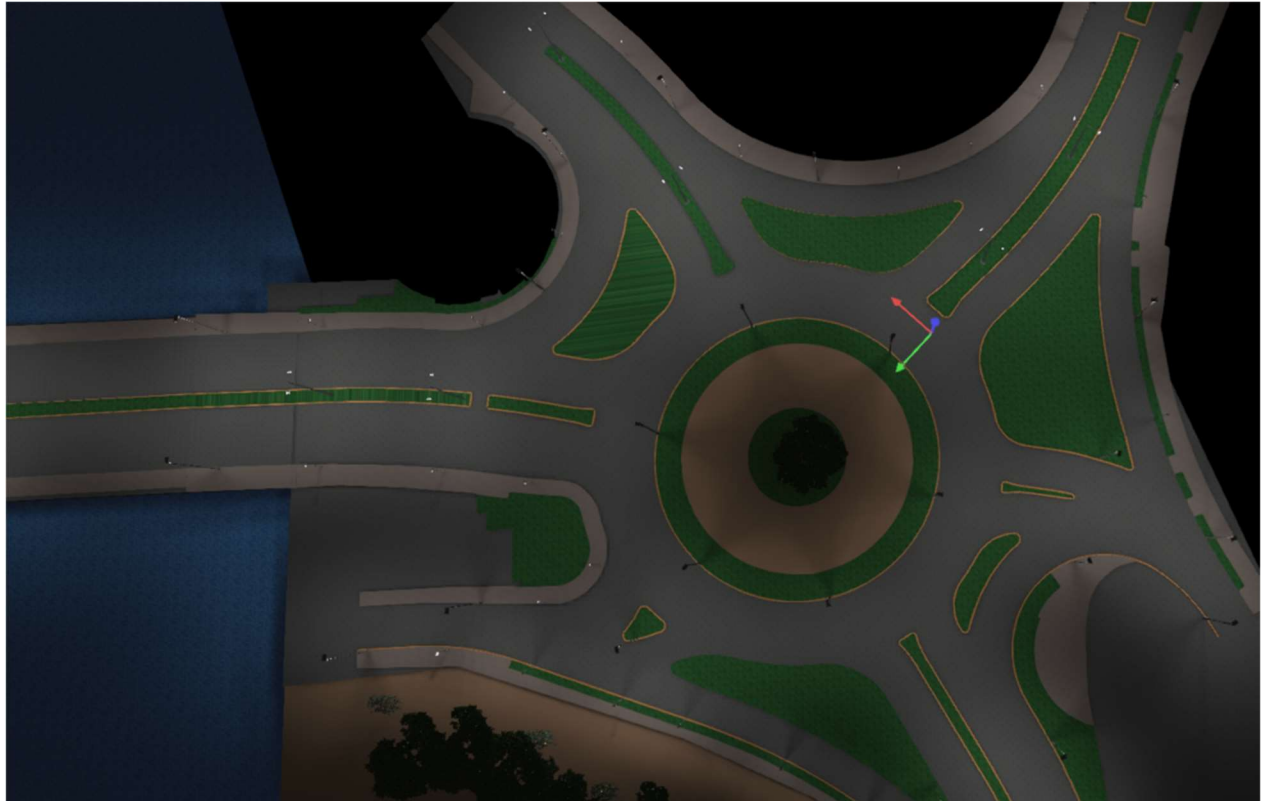


Figura 2-11 Vista de la rotonda desde arriba, con su correspondiente proyección hacia un futuro puente

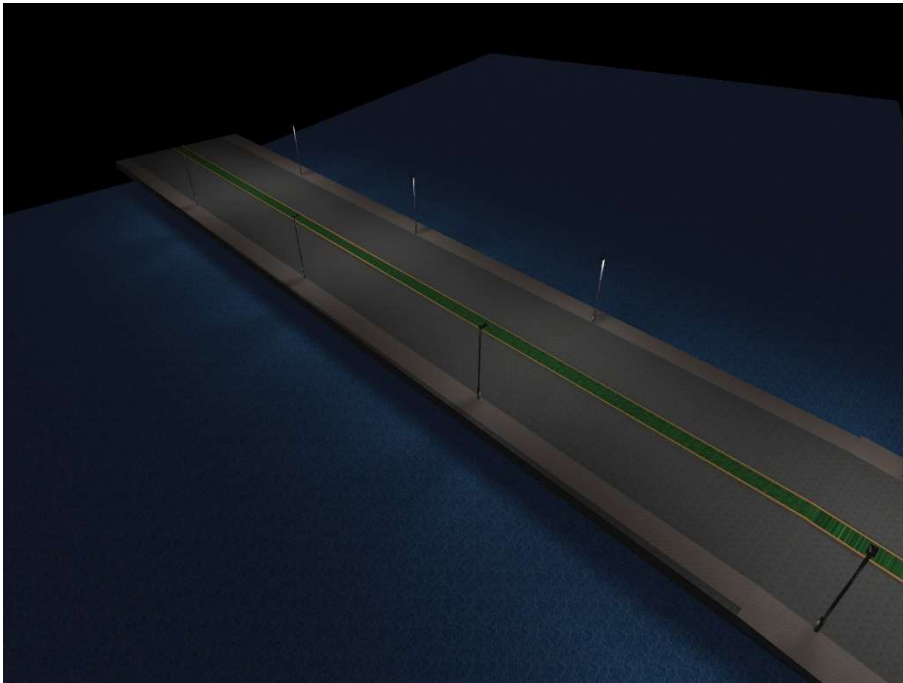
Fuente: Captura de pantalla

En la segunda imagen veremos la rotonda iluminada bajo los parámetros definidos en el informe, dentro de los rangos establecidos por el manual de carreteras y sin exceder los niveles máximos del DSN°43



Podemos apreciar una uniformidad bastante visible de 0.6 mayor aún que el mínimo establecido por el manual de carreteras que es 0.4

Por último, utilizando los parámetros antes mencionados tenemos la simulación del puente que cruza el Río Aconcagua. En la imagen podemos apreciar que cumple con todos los niveles de uniformidad e iluminación sin generar contaminación lumínica y además queda claro que es una alternativa totalmente viable para la descongestión vehicular de la comuna.



Una vez realizados los cálculos se obtuvieron los siguientes resultados:

Terreno 1 (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

Superficie de cálculo

Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Rotonda Iluminancia perpendicular Altura: 0.200 m	17.2 lx	10.3 lx	34.4 lx	0.60	0.30	CG1
Rotonda Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.200 m	17.2 lx	10.3 lx	34.4 lx	0.60	0.30	CG1
puente Iluminancia perpendicular Altura: 1.450 m	14.6 lx	8.01 lx	21.8 lx	0.55	0.37	CG2
puente Intensidad lumínica horizontal Altura: 1.450 m	14.6 lx	8.01 lx	21.8 lx	0.55	0.37	CG2
entrada a rotonda Iluminancia perpendicular Altura: 0.050 m	17.9 lx	12.5 lx	30.2 lx	0.70	0.41	CG3
entrada a rotonda Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.050 m	17.9 lx	12.5 lx	30.3 lx	0.70	0.41	CG3

CAPÍTULO 3: DETERMINACIÓN DE COSTE TOTAL DEL PROYECTO

3 DETERMINACIÓN DE COSTE TOTAL DEL PROYECTO

Para determinar el costo de simular el estudio lumínico se considerará un 10% de la suma total de cada luminaria proyectada, agregando además la realización de los respectivos planos y la cantidad de Horas Hombre invertidas en la realización del proyecto las cuales se cobraron a 1 UF tomando el valor actualizado a la fecha (25-08-2023) y además todos los gastos generales que formen parte del proyecto

PRESUPUESTO ALUMBRADO ROTONDA DE CONCÓN
ALUMBRADO ROTONDA DE CONCON, ENTRE RUTA F-50 Y AV. BORGÑO
I. MUNICIPALIDAD DE CONCÓN

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ILUMINACION ROTONDA				
1.1	LUMINARIAS ORNAMENTALES				
1.1.1	Luminarias CLAP 14 W LED	un.	25	110.000	2.750.000
1.2	ALUMBRADO PÚBLICO				
1.2.1	Luminarias MOON 100 W LED	un.	44	150.300	6.613.200
2.0	10 % DE LUMINARIAS				
2.1	Luminarias clap y moon	-	-	-	936.320
3.0	PLANOS				
3.1	Planos	un	2	100.000	200.000
4.0	HH EN PREPARACIÓN DE PROYECTO				
4.1	Horas hombre invertidas	un	120	36.097,76	4.331.731
5.0	Señalización, Aseo y Entrega	gl	1	350.000	350.000
	TOTAL NETO				5.818.051
	IVA			19%	1.105.430
	TOTAL				6.923.481

NOTA: LOS GASTOS GENERALES Y UTILIDAD SE INCORPORARAN AL PRESUPUESTO GENERAL DE LA OBRA.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En síntesis, una vez simulado el proyecto sin el DSN°43 del Ministerio de Obras Públicas y estando dentro de lo establecido en el manual de carreteras se notó un exceso importante de iluminación en la totalidad de la escena de hasta 3 veces más de los niveles mínimos. Esto nos lleva a la siguiente pregunta, ¿Por qué el resto del país no tiene una norma que regule la contaminación lumínica?, Es cierto que las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo son patrimonio nacional por su calidad astronómica pero la contaminación lumínica definida como contaminante en la ley 19300.art 2. Letra "D" es un problema que nos afecta a todos desde los ciclos de migración y apareamiento de las aves o animales nocturnos, hasta la floración de algunas especies nativas y en ciertos casos el cansancio visual que esta produce en las personas.

Es crucial para todos que se regule la contaminación lumínica tanto de los letreros iluminados en la carretera, como también en el alumbrado público, ya que, al no estar ajustado el ángulo de irradiación de la luz, esta se escapa hacia el hemisferio superior afectando la vida nocturna y la visualización de las estrellas u otros objetos que se encuentren en el cielo.

Bibliografía

- [1] <https://es.slideshare.net/aicvigo1973/magnitudes-luminosas>. [En línea].
- [2] Indalux, *luminotecnia*, 2002.
- [3] Rahmann, María Isabel Ortega, *Bases conceptuales sobre la teoría del color*, Valparaíso, 2016.
- [4] Philips, *Engineering report engiene: residential area ligthing*.
- [5] Boyce, *Security lighting: effect of illuminance and lighth source on the capabilities of guards and intruders*, 1990.
- [6] J.F. Caminada, W.J.M van Bommel, and Philips, «Light Desing and Engineering centre,» The Netherlands, 1980.
- [7] Olmos, Luis Oyarzo, *Iluminacion semicilindrica teoría y experiencia*, Valparaíso, 2015.
- [8] Rombauts, Patrick, «Minimum semicylindrical illuminance and modelling,» 1989.
- [9] Patrick Rombauts, Hans Vandewyngaerde, and Gaston Maggeto, «Minimum semi-cylindrical illuminance and modelling,» Brussels, Belgica, 1989.